YAŞAMIN KÖKENİNDEKİ KİMYASAL EVRİM

Sinem Özmen
Kimya Mühendisi
snmozmn@hotmail.com

ÖZET

Yaşamın kökenine dair asırlardan bu yana ortaya atılan teoriler ve fikirler çeşitlenerek devamlılığını sürdürmektedir. Bu soruya bilimsel olarak ilk bütünlüklü cevabın, 1924 yılında Sovyet bilim insanı Aleksandr İvanoviç Oparin tarafından verilmesini izleyen süreçte deneysel çalışmalar, yaşamın doğadaki maddelerin çeşitli değişim süreçlerinden geçerek belli bir diziliş ve hareket biçimi kazanması ile ortaya çıktığını göstermiştir. Bu teori, diyalektik materyalist bir yöntem ile maddenin sürekli hareketi ve değişimi olgusu üzerine kuruludur. Canlı ile cansız doğa arasındaki farkların incelenmesi yaşamın kökenine dair araştırmaların ele aldığı ilk konudur. Maddeler, organik (canlıların vücudunda bulunan karbon içerikli maddeler) ve inorganik (mineral içerikli olan doğada çokça bulunan maddeler) olarak sınıflandırılmıştır. Organik kimyadaki gelişmeler ile canlı vücudunda yer alan maddelerin laboratuvar ortamında sentezlenmesi mümkün olmuştur ve yaşamın kökenine dair ortaya atılan, inorganik maddeden organik maddeye geçiş ile başlayan evre deneysel olarak gözlemlenebilmiştir. Oluşan maddelerin sulu çözeltilerdeki davranışlarının ve birbirleri ile olan ilişkilerinin incelenebilmesi, moleküler evrimin nasıl bir yol izlemiş olabileceğinin ipuçlarını vermiştir. Canlılığa, nesnel ve rastlantısal koşullara bağlı olarak, belli bir tarihsel kesitte kimyasal bileşimlerin oluşması ve evriminin sebep olduğu düşünülerek yaşamın kökenine dair abiyogenez teorisi oluşturulmuştur. Tek bir makaleye sığdırmanın oldukça güç olduğu, sayısız araştırmanın konusu olan, yaşamın kökenine dair ilk deneysel verilere kadar olan süreç bu makalenin konusudur.

Anahtar kelimeler: Oparin, canlılık, yaşamın kökeni, abiyogenez, kimyasal evrim

CHEMICAL EVOLUTION IN THE ORIGINS OF LIFE

ABSTRACT

Centuries-old theories and ideas regarding the origins of life continue existing and growing in variety. After the Soviet scientist Alexander Ivanovich Oparin came up with the first complete scientific answer to this question in 1924, experimental studies have shown that life is emerged by materials achieving a specific configuration and a manner of movement through various transformations. This theory is built on the continuous movement and transformation of the matter by the dialectic-materialist method. Investigation of the differences between living and non-living nature is the first subject that research on origins o life study. All matter is classified as organic (a type of carbon-based matter which is found in the bodies of the living) and inorganic (mineral compounds that are found a lot in nature). Developments in organic chemistry allowed the synthesis of matter that is found in living bodies and the phase regarding the origins of life that starts with the transition from the inorganic matter to organic matter was observed experimentally. The ability to analyze the resulting matters' behaviour in aqueous solution and between each other gave us clues of the path that the molecular evolution took. The theory of abiogenesis was formed by thinking that life is caused by the formation and evolution of chemical compounds in a specific historic period based on the material and coincidental circumstances. This article aims to describe the timeline until the first experimental results on the origins of life which have been the subject of numerous studies that is hard to fit into a single paper.

Keywords: Oparin, life, origin of life, abiogenesis, chemical evolution

Yaşamın başlangıcı, yaşamın kökeni, canlılığın ortaya çıkışı, ilk canlının oluşması… Ne şekilde yazarsak yazalım, cezbedici soruların dizildiği bir olay ya da olaylar serisi… Tam olarak henüz cevabı bulunabilmiş bir soru olmadığı kabulünün yanında, aranılan cevapta, arayan kişinin ideolojik fikirlerinin ve dünyayı anlama biçiminin büyük etkiye sahip olduğu bir soru yaşamın kökeni sorusu. Tam da bu sebeple, bilimsel açıdan insanlığın ileriye doğru gidişine eşlik edecek cevaplara ihtiyaç var. Doğaüstü mucizelere dayanan gerici idealist yaklaşım ve bilimsel veriler ışığında şekillenen materyalist cevapların birbiriyle verdiği savaşın da tarih boyunca eşlik ettiği bir gelişim sürecine sahip bir araştırma konusu (Gül, 2018). Yaşamın kökenine dair ilk bütünlüklü cevap, insanlığın en ilerici atılımının ürünü olan Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'ndeki (SSCB) bir biyokimyacı, Aleksandr İvanoviç Oparin tarafından verilmiştir. Oparin, farklı zamanlarda konuya dair üç ayrı eser yayımlamıştır. İlki, 1923 yılında yayımlanıp, 1924 yılında İngilizceye çevrilen kısa bir kitapçıktır. Diğer iki eserden ilki, SSCB'deki bilimsel yeni verilerle zenginleştirilmiş olarak 1936 yılında basılmış, 1938'de de İngilizceye çevrilmiştir. İkincisi ise güncel bilimsel verilerle revize edilmiş ve genişletilmiş şekilde 1957 yılında yayımlan-

mıştır. Engels'in Doğanın Diyalektiği kitabından da alıntıların olduğu bu eserler, diyalektik materyalist bir bakışla, madde ve onun değişim süreçlerini en somut haliyle ele almaya çalışan önemli örneklerdir. Oparin ile eş zamanlı ve aynı doğrultuda İngiltere'de marksist bir bilim insanı olan J.B.S. Haldane de, yaşamın kökeni sorusu üzerine çalışmalar yapmıştır. Bu yazıda, Oparin'in kitaplarındaki bilgiler ışığında, aynı bütünlüğe sadık kalarak canlılığın ortaya çıkışının öncül koşullarının oluşumu ve kimyasal evrim süreçleri anlatılmaya çalışılacaktır.

1. YAŞAMIN KÖKENİNE DAİR ORTAYA ATILAN TEORİLER

İlk olarak günümüze dek anlatılan bazı teorileri özetlemekte fayda var. Bu teorilerin ikincisi, deneysel çalışmalar doğrultusunda sağlamlık kazanmış, ilki ise doğadan toplanan ipuçlarının bilimsel olarak değerlendirilmesi ile kendisine sınırlı bir alan bulabilmiştir. Bu teoriler; Panspermia Teorisi (*Evrensel Tohum*) ve Abiyogenez Teorisi (*Moleküler Oluşum Teorisi*) olarak iki maddede özetlenebilir (Gürel, 1999).

1.1. Panspermia Tezleri

'Evrensel Tohum Teorisi' olarak da adlandırılan bu teori günümüzde dahi, bazı araştırmacılar için kayda değer bir kuram olarak anılmaktadır. Yaşamın direkt olarak uzaydan kuyruklu yıldızlar aracılığı ile dünyaya taşındığını savunanların yanında, dünyada yaşamın başlangıcını oluşturan maddelerin uzaydan taşındığını savunanlar da bulunmaktadır. İlk olarak 1800'lü yıllarda, Hermann von Helmholtz ve William Thomson (Lord Kelvin) tarafından ortaya atılan görüşe göre yaşam her zaman vardı ve uzayda rastgele sürüklenmekte olan tohumlar elverişli bir gezegene çeşitli meteoritler aracılığıyla düştüklerinde biyolojik evrimi başlattılar. Kelvin ve Helmholtz, canlının tüm uzay içerisinde yine başka bir canlıdan kaynaklanarak var olabileceğini ve kökene dair yapılacak çalışmaların boşa çıkacağına dair görüşlerini çeşitli konferanslarda dile getirmişlerdir (Gürel, 1999). Fakat burada, bahsi geçen tohumların yapısı ya da biyolojik evrimi başlatabildiği mekanizmalara dair bir önerme mevcut değildir. Daha sonra 1907'de, İsveçli kimyacı Svante Arrhenius, *Oluşum Geçiren Dünyalar* adlı kitabında panspermia teorisini öne sürmüştür. Arrhenius da, yaşamın ölümsüz olduğunu ve bir kökeni olmadığını ve ek olarak virüslerin ve bakteri sporlarının elektrostatik güçlerle uzayda püskürtülerek verimli gezegenlere geldiğini savunmuştur (Woods ve Grant, 1995). Deneysel olarak panspermianın desteklenmesi amacıyla gezegenler arası uzay boşluğunun soğuk olduğu varsayımı üzerine çeşitli sporlar -220 ^{0}C'de tutularak dayanıklılıkları test edilmiştir ve 6 ay boyunca dayanabilenler olduğu görülmüştür. Bu süre kısa bir süre değildir, fakat bahsi geçen sporların uzayda binlerce yıl sürüklenmiş olabilme ihtimali ortadan kalkmıştır (Oparin, 1924). Bir diğer durum ise, bu sporların hava tabakası ile kaplı atmosferi geçerek dünyaya ulaşmaları gerektiğidir. Oparin 1924'teki kitapçıkta, düşen yıldızlar olgusu ile atmosferdeki havanın meteoritlerin büyük bir kısmının bile dünyaya ulaşamadan yanarak parçalandığını söyleyerek, sporların bunu yapabilmesinin son derece güç olduğuna, o dönemin bilimsel araştırmaları ölçeğinde değinmiştir (Oparin, 1924). Bu görüşe deneysel anlamda belki de en büyük darbe, 1966 yılında Gemini-9 adlı uzay kapsülüne, dayanıklılıkları sebebiyle seçilmiş mikroorganizmaların konularak, uzayda radyasyona maruz bırakılması ve sadece 6 saat dayanabilmeleri ile vurulmuştur (Woods ve Grant, 1995). Ayrıca Apollo uzay gemisi ile Ay'a yapılan yolculuktan elde edilen taş ve toprak örneklerinde de canlı mikroorganizmalara rastlanmamıştır. Günümüzde de bazı astrofizikçiler bu görüşü savunmaktadır. Teorinin hâlâ savunulabilmesine en önemli kaynak, dünyaya düşen göktaşlarının incelenmesi ve bazılarında canlı fosillerinin olduğu iddiasıdır. Fakat günümüzde bu teorinin ileri ve fantastik boyutu olarak, yaşamın uzaydaki bir başka yıldızın gezegenindeki varlıklar tarafından dünyaya yollandığı görüşü hâlâ ortaya atılmaktadır (Gürel, 1999).

Sonuç olarak panspermia teorisi, yaşamın kökenine ve nasıl oluştuğuna dair soruyu cevaplamaktan çok, onun daha bilinmez bir noktaya taşınmasına sebep olmaktadır. Uzaydan geldiği var sayılan yapıların nasıl oluştuğunu açıklamak için oluşumun gerçekleştiği ortam koşullarını bilmek önemlidir. Fakat uzaydaki koşulların o dönemdeki bilinmezliği bunu zorlaştırmaktadır ve deneysel çalışma mümkün değildir. Canlılık uzayda herhangi bir yerde var olabildiyse, dünyada oluşabilmesi de mümkündür. Yaşamın ortaya çıkışı tartışmasında başlangıcın, canlılık ve cansızlık kavramlarının incelenmesi olduğunu savunan Oparin, yayımladığı ilk kitapçıkta örnekler üzerinden çeşitli benzerlikleri ortaya koymaya çalışmıştır (Oparin, 1924). Bu örnekler ve eklemeler ile canlılık-cansızlık kavramları arasında gerçekten bir duvar olup olmadığını sorgulamak bu yazı için de bir zorunluluktur.

1.2. Canlı mı, Cansız mı?

Canlılık kavramının ne olduğu sorulduğunda, herkesin canlılığa dair sayabileceği onlarca özellik olabilir. Bunların tasnif edilmesi, cansız olarak nitelediğimiz dünyada olup olmadıklarının araştırılması için başlangıç noktası olabilir. Bu konuya dair, tarih boyunca idealizm ve materyalizm çerçevesinden farklı görüşler ortaya atılmıştır. İdealizmin Ortaçağ'daki canlılık üzerine fikirlerine göre 'Hareket Ettirici Ruh' vb. güçlerle canlılar cansızlardan ayrılmaktadır. 15. yüzyıldan itibaren deneysel gözlemler ve mekanist yaklaşımlar ile her şeyin yalın başlangıcının madde olduğunu kabul eden görüşler gelişmiştir. Sonraları biyoloji bilimindeki gelişmelerin sağladığı verilerle, canlılık sorununa temel yaklaşımlar ikiye ayrılmıştır; ruhu öne çıkaran idealist yaklaşımlar ve maddeyi öne çıkaran materyalist yaklaşımlar (Gürel,1999).

Canlı olarak tanımlanan sistemlerin, doğanın geri kalanından farklılıkları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

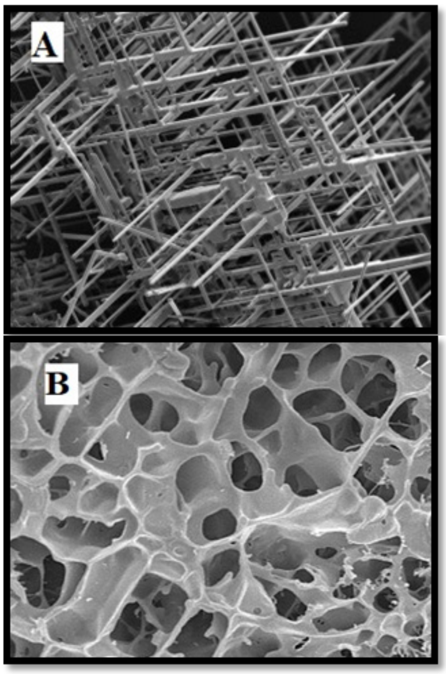
- Belli bir kimyasal bileşim ve yapısal düzene sahip olma
- Metabolik faaliyetleri gerçekleştirme, madde ve enerji alışverişi
- Büyüme ve gelişme, çoğalma
- Ortama uyum sağlayabilme
- Mutasyon
- Uyarana tepki gösterme
- İç dengeyi koruma
- Doğal seleksiyona uğrama

Bunlardan bir kısmı için canlı ve cansız diye ayrıldığı düşünülen maddelerde benzer yönler aranabilir (Gürel, 1999; Oparin, 1924; Pigliucci, 2014; Pross, 2015).

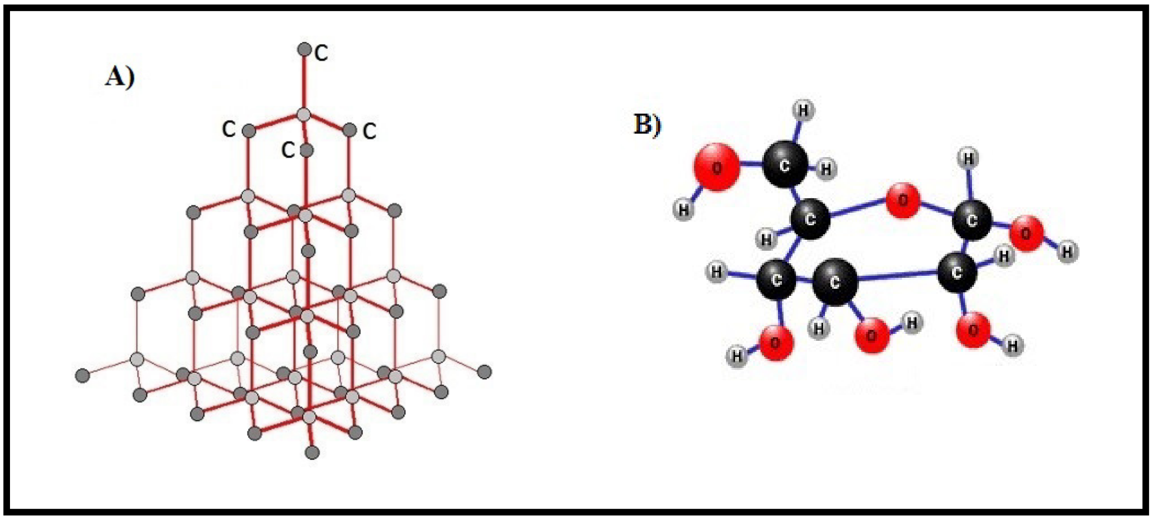
Canlılar dünyası ve cansızlar dünyası kimyasal anlamda ayrılmak istendiğinde maddeler genel olarak organik ve inorganik olarak ayrılmaktadır. Organik maddeler, canlı yapıların içeriğinde bolca bulunan basitten karmaşığa çok değişik yapılarda ,çoğunlukla karbon elementini içeren maddelerdir (Oparin, 1924). Belli bir yapısı olduğu düşünülen canlıların en küçük yapı taşı olan hücrenin içinde, çeşitli organik maddeler sentezlenmekte ve parçalanmaktadır (Oparin, 1924). Bu mekanizmanın ürünü ve atığı olan maddelerin yapısal düzeni elementlerin örgütleniş biçimlerine bağlıdır ve her düzen farklı bir işleve sahip maddeyi oluşturmaktadır. İnorganik, yani cansız dünya dediğimiz mineral dünyasındaki maddelerin de bir örgütleniş biçimi ve yapısının getirdiği çeşitli özellikleri vardır. Organik ya da inorganik maddeler birbirlerine çeşitli kimyasal bağlarla bağlı elementlerden oluşmaktadır. Örneğin Karbon (C), Hidrojen (H), Oksijen (O) ve Azot (N) elementleri insan vücudu dahil bir çok canlı yapıda ve doğadaki maddelerde de bulunmaktadır (Mahsereci, 2011). Peki canlılığı oluşturan durum bu elementlerin belli bir yapı ve plan ile dizilmiş olması mıdır? Plan karmaşık ya da basit olabilir. Elmas cansız olarak sınıflandırılan bir madde olmasına rağmen, son derece düzenli dizilişe sahip karbon elementlerinden oluşmaktadır. Glikoz, bitki hücrelerinde fotosentez sonucu açığa çıkan, yapısında belli dizilişe sahip karbon elementleri içeren bir kimyasaldır. Görüldüğü üzere bu iki madde de belirli dizilişe sahip karbon atomları içermektedir (Şekil-1). Aynı öz olan karbon atomuna sahip bu moleküllerin farklı bağlanma biçimleri farklı özellikler ve görünümlere sahip olmalarına sebep olmuştur.

Yapısal benzerliklere verilebilecek bir başka örnek ise, Şekil-2'de görülen, canlıların bir salgısı olan, ayrıca hücre içindeki protoplazma yapısı ile benzerlik gösteren mukusun ve tuz molekülünün mikroskopta çekilmiş fotoğraflarıdır. Görüldüğü üzere iki madde de belli bir yapı sergilemektedir.

Canlı ve cansızlar arasında farklılık olarak kabul edilen bir başka özellik, metabolik faaliyetler gerçekleştirme



Şekil-2: Tuz molekülü (a) ve mukus maddesinin (b) mikroskop görüntüleri (mvascientificconsultants.com; Türeli ve ark., 2014)



Şekil-1: Karbon elementinin farklı yapılanma biçimleri; a) Elmas b) Glikoz (webders.net; bilgioloji.com)

ve bu esnada madde ve ısı alışverişi yapılmasıdır. Canlılar solunum, fermantasyon, fotosentez gibi birçok faaliyet gerçekleştirir. Bu faaliyetler farklı kimyasal reaksiyonların bir araya gelmesi ile gerçekleşir (Oparin, 1924).

Örneğin, solunum ve sindirim birer parçalama işlemi gerçekleşen kimyasal reaksiyonlardır. Solunum temelde, maddelerin oksijen ile tepkimesi sonucu gerçekleşen yanma reaksiyonudur. Bu reaksiyon, cansız dünya olarak bilinen dünyada da yaygın olarak gerçekleşmektedir. Örneğin, demirin oksijen ile reaksiyonu sonucu pas oluşumu ve gümüşün oksijen ile reaksiyona girerek kararması birer yanma tepkimesidir. Temelde solunum ile paslanma aynı reaksiyonlardır (Bakırcı, 2011a) (Şekil-3).

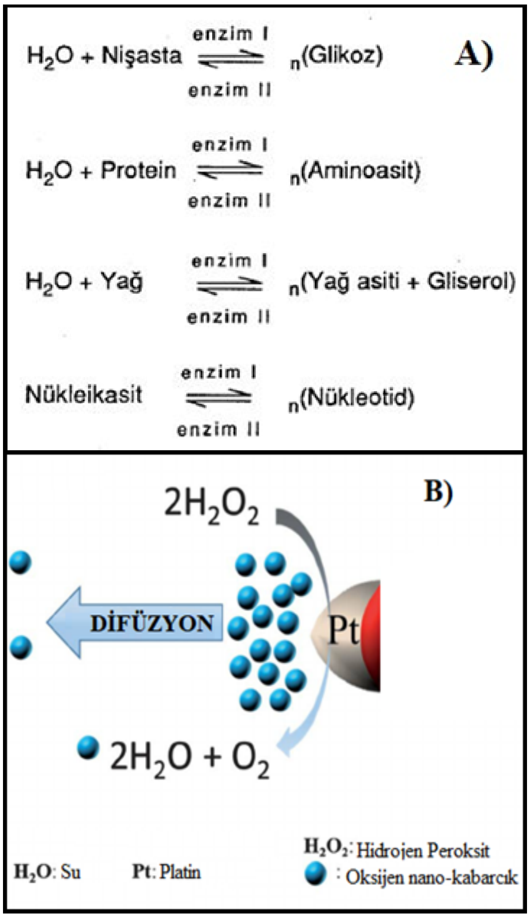
A) Glikoz + Oksijen --Mitokondri / Enzim--> Karbondioksit + Su + Enerji

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 38\,ATP$$

B) $4Fe + 3O_2 \longrightarrow 2Fe_2O_3$

C) $2Ag + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow Ag_2O$

Şekil-3: Oksijen ile gerçekleşen tepkimeleri gösteren denklemler: a) Oksijenli solunum denklemi, b) Demirin paslanması denklemi, c) Gümüşün kararması denklemi (www.biyolojidersi.org; www.iyimiboyle.com)



Şekil-4: Besin maddelerinin insan vücudunda parçalanması reaksiyonu (a) ve Platinin hidrojen peroksidi adsorplayarak[2] su ve oksijene parçalanması (b) (konubak.com; Abdelmohsen ve ark., 2014).

Sindirim ise canlıların sindirim kanalında, aldıkları besin maddelerinin kimyasal olarak parçalanması reaksiyonlarını da içeren birkaç basamaktan oluşan bir işlemdir. Bu işlem sırasında, enzim adı verilen ve kimyasal reaksiyonları hızlandırıcı, yani katalizör[1] etkiye sahip olan maddeler görev alır. Aslında, canlı diye nitelenen yapının içinde gerçekleşen reaksiyon mekanizmasının aynısı laboratuvar ortamında da sağlanmaktadır.

Canlılardaki sindirim işleminin bir benzeri platin metalinin hidrojen peroksidi parçalamasıdır. Gözenekli yapıdaki platinyum sulu bir hidrojen peroksit çözeltisi içine atıldığında, hidrojen peroksidin parçalanması sonucu oksijen baloncukları oluşur. Bu reaksiyon sonrası kurutulup tartılan platinyum metalinin ağırlığının, reaksiyon öncesi ağırlığına eşit olduğu gözlemlenir ve tekrar kullanılabilir. Enzimler de reaksiyon sonrası izole edilebildiklerinde tekrar kullanılabilirler (Oparin, 1924). Platin örneğinde, hidrojen peroksidin önce platin metalinin gözeneklerine tutunması ve buradaki bağlanmalar sonucu parçalanması ile gerçekleşir. Bu örnek, canlı bir yapının zarından içeri giren bir maddeyi parçalaması ve enerji üretmesi ile aynıdır (Şekil -4).

Üremenin en basit örneği bir canlı hücresinin kendisini parçalayarak ikinci bir hücre oluşturmasıdır. Canlılar ve cansızlar dünyasına dair karşılaştırma yapıldığında en zorlanılan alan üreme, yani çoğalma olabilir. Ancak günümüzde, laboratuvar ortamında yani, hücre dışındayken de kendini kopyalayabilen RNA'nın üretilebilmesi ile bu zorluğun önemli oranda aşıldığı söylenebilir (Ricardo ve Szostak, 2009). Bu özelliği canlı vücudu dışından bir maddenin laboratuvar ortamında gerçekleştirmesine örnek olarak, aşırı doymuş tuz çözeltileri verilebilir. Yarısı kesilip aşırı doymuş bir sulu çözeltisine atılan kristal form kendini eski yapısına getirerek tamamlamaktadır.

Canlıların hemen hepsinde belirli bir uyarana ya da belirli bir koşul değişimine karşı verilen ani ya da uzun süreli değişim tepkisi ortaktır. Buna en iyi örnek olarak, insan gözünün şiddetli ışığa maruz kalması karşısında gözbebeğinin daralarak göze giren ışığı azaltma tepkisi verilebilir. Göze giren ışık gözbebeği açıklığı alanı ile orantılıdır ve hekimler bu testi sinir sisteminin kontrolü için kullanmaktadır. Uyarana tepki vermenin sadece canlılara ait bir özellik olduğu düşünülür. Oparin uyarana cevap verme özelliğinin cansız varlıklarda da görülebildiğini buharlı lokomotif ile ilgili verdiği bir örnekle açıklıyor. Sadece bir kolu kaydırarak uyguladığınız azıcık bir güç, lokomotifin hareket etmeye başlamasıyla ve kazanındaki yakıtı tüketerek çok büyük miktarda iş yapmasıyla sonuçlanır (Oparin, 1924). Ya da bir yayı sı-

1 Katalizör: Kimyasal tepkimelerin gerçekleşmesini ya da hızının değişimini sağlayan madde.

2 Adsorblamak: Bir maddenin bir başka maddeyi yüzeyine bağlaması.

kıştıracak yönde üzerine bastırdığımız zaman yayın bizi ters yöne doğru ittiğini hissederiz. Bu da kuvvet uygulamak ya da etkiye tepki vermek için canlı olmanın şart olmadığını bize gösterir.

Verilen örnekler ile canlı ve cansızlık kavramlarının aslında iç içe geçtiği gösterilmeye çalışıldı. Bu konu, artan örneklerin tartışılmaya devam edilmesi ile güncelliğini korumaktadır. Bizim canlı-cansız arasındaki farkın izini sürmemizin sebebi, abiyogenez adı verilen ve Oparin'in kitaplarında yer eden cansız maddeden canlılığın oluşumu teorisinin daha anlaşılır kılınmaya çalışılmasıdır.

1.3. Abiyogenez

Abiyogenez genel olarak yaşamın evrende canlı olmayan maddelerden nasıl geliştiğinin araştırılmasında kullanılan bir terimdir. Buna moleküler oluşum teorisi adı da verilmektedir. Yaşamın kökeninin anlaşılması için elbette ilk olarak incelenmesi gereken, canlılığın örgütleniş biçimi ve bu örgütlülüğün en küçük birimi olan hücredir. En küçük birim olarak adlandırılan bu yapı taşı aslında, kendi içinde koca bir fabrikayı andıracak bir organizasyona ve çalışma sürecine sahiptir (Oparin, 1938). Bu fabrikada reaktörler olarak adlandırılabilecek organeller[3] ve bunların içinde yer aldığı bir havuz olan protoplazma[4] bulunmaktadır. Hayvanlar, bitkiler ya da tek hücreliler, hepsi farklı tip hücre veya hücre bileşiminden oluşmaktadır (Oparin, 1924). En basit yapılı hücre tipi olan prokaryot hücrelerin oluşumuna dair kapsamlı bir teoriyi açıklamaya başlamadan önce, bu hücrenin içinde yer alan maddeler düşünülerek bunların oluşabilmesi için gerekli maddeler ve koşullar hakkında kafa yorulması iyi olur.

Oparin'in teorisinin aşamalarını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

- Atmosfer oluşumu
- Hidrokarbonların oluşumu
- Hidrokarbonların evrimi
- Darwin'in doğal seleksiyon teorisinin ilk yapılarda açıklanması
- Hücrenin kapalı bir yapı olarak oluşumu ve bölünmesi

Teorinin sıralamasının oluşumu belirli bilimsel gelişmelerin ışığında olmuştur. Canlıların yapısındaki maddelerin araştırılması, bu maddelerin laboratuvar ortamında sentezi, yani organik kimyanın gelişimi, jeolojik gelişmeler ile ilk hidrokarbonların oluşumu için gerekli koşulların dünyada ne durumda olduğunun saptanabilmesi önemli bilgi kaynakları olmuştur (Oparin, 1938). Oparin bu süreçleri tanımlarken, diyalektik olarak yaklaşmaya çalışmıştır ve maddenin sürekli olarak değişimini incelemiştir. Teorisini, maddenin asla durağan kalmayacağının ve sürekli basitten karmaşığa bir yol izleyeceğinin kabulüyle oluşturmuştur. Maddenin gelişiminin belirli bir aşamasındaki yeni özellik olarak ortaya çıkan yaşamın, maddenin hareketinin kendine has ve çok karmaşık bir formu olarak belirdiğini düşünür. Oparin bu düşüncesini aktarırken, Engels'in bunu kendisinden çok önce aynı yolla irdelenmesi gereken bir konu olarak tariflediğini de açıklamalarına eklemiştir. Engels *Doğanın Diyalektiği* adlı kitabında, maddesel dönüşümler ile kimyasal evrim konusunda inorganik maddeden organik maddeye dönüşümden bahsetmiştir (Woods ve Grant, 1995). Bu, kimyasal evrim sürecinin en önemli aşamasıdır.

Yaşamın kökeni sayılan organizmalar gelişigüzel biçimde bir anda var olmamıştır. Bu, uzun zamana yayılan bir kimyasal evrim sürecidir. Maddeler, dünya koşullarının da değişimi ile bir evrimsel süreç yaşamışlardır. Bu dönüşümlerin gerçekleşebilmesinin sebebi, ilkel dünyanın steril[5] olması ve bu maddelerin parçalanmadan kalabilmeleriydi (Oparin, 1924).

Canlılığın oluşumu için öncelikle canlı vücudunda çokça yer alan organik maddenin sentezinin olması gerekliydi. Organik maddelerin temel yapıtaşı olan karbon elementinin izini sürerek başlamak ilk adım sayılabilir. İlkel dünyada bulunan karbon bileşiklerini anlayabilmek için uzayda bulunan gezegenler, kuyruklu yıldızlar ve dünyaya düşen meteorların incelemesinin bir fikir vereceği düşünülmüştür. Astrospektroskopi teknolojisi ile farklı gezegenler ve kuyruklu yıldızların bileşiminin incelenmesi mümkün olmuştur. Kuyruklu yıldızlarda ve çeşitli gezegenlerde karbon maddesinin farklı formlarına rastlanmıştır. Ayrıca meteorların dünyamıza düşmesi sonucu kimyasal incelemeler mümkün olmuştur. Bu göktaşları gezegenimiz ile aynı güneş sistemindedir ve incelendiğinde bazı metallerin aynı türdeki izotoplarının dünyamızda da var olduğu ve sertleşme sürelerinin dünya ile aynı zamanda olduğu görülmüştür, dolayısıyla aynı bütünden ayrılmış parçalar olabilecekleri düşünülmektedir (Oparin, 1938).

İlk atmosferde oksijen bulunmadığı düşünülmektedir. Eğer olsaydı, yaşam için gerekli kimyasallarla etkileşime girerek parçalanmalarına sebep olurdu. Azotun da şimdiki atmosferden farklı olarak serbest bir formda değil de, başka elementlerle birleşim biçiminde bulunduğu düşünülmektedir. Oparin, dönemin güncel bilimsel çalışmaları ışığında, dünyanın ilk atmosferinin bugünkünden tamamen farklı ve oksijenin olmadığı indirgen bir karaktere sahip olduğu çıkarımını yapmıştı. İlkel atmosfer en başta bugün Jüpiter ve Satürn'de olduğu gibi hidrojen ve helyum içermekteydi, çünkü bu gazlar gezegenlerin oluştuğu Güneş etrafındaki tozlu ve gazlı diskteki temel gazlardı. Fakat zamanla yer çekiminin bu hafif gazları çekememesi sebebiyle dünyanın atmosferinden kaçmışlardır (Koçak, t.y.).

3 Organel: Hücre içindeki özelleşmiş yapılar. Örneğin, mitokondri, golgi aygıtı, ribozom, kontraktil koful vb.

4 Protoplazma: Hücre zarının içinde kalan ve hücre faaliyetlerinin gerçekleştiği yarı sıvı ortam.

5 Steril: Mikroorganizmadan arınmış.

Dünya başlangıçta ağır metalleri içeren bir eriyik çekirdek ve çekirdeğin çevresinde ilk volkanik kayaları oluşturan zarlarla çevrili haldeydi. Çevresinde çok ısınmış su buharı ve ağır gazlarla çevrili bir atmosfer yer almaktaydı. Organik maddelerin temel taşı olan karbon, bu ilk erimiş çekirdekte demir başta olmak üzere ağır metallerle bileşik haldeydi. Dünyanın oluşumunda kabuğun ince olması sebebiyle bu çekirdekteki madde yüzeye çıkabilmiştir. Günümüzde volkanik patlamalar sonucu çıkan lavlar incelendiğinde, metal karbürlerin[6] içerisinde olduğu tespit edilmiştir (Koçak, t.y.; Oparin, 1924).

Nitrojenin oksitli biçimi olan NO şeklinde olduğu ve kimyasal deneylerde gözlendiği gibi yavaş soğuma ile N ve O olarak ayrıldığı, daha sonra serbest azotun bir kısmının dipten gelen demir karbürler (FeC_3) ile reaksiyona girerek demirnitrür (FeN) bileşiğini oluşturduğunu düşünen Oparin, "$FeN + 3\ H_20 = Fe\ (OH)_3 + NH_3$" denkleminde olduğu gibi, su ile reaksiyona girerek amonyağı (NH_3) meydana getirdiğini belirtmiştir. Amonyak, volkanik püskürmeler ile atmosfere yayılmıştır (Oparin, 1938).

İlk atmosfer metan ve amonyağın yanında, yoğun olarak yer kürenin iç kısımlarından çıktığı düşünülen su buharı da içermekteydi ve zamanla dünyanın ısısını kaybetmesi ile bu buhar yoğunlaşarak yağmurların oluşmasını sağladı ve zamanla ilkel okyanusları oluşturdu. Ayrıca, su buharı metal karbürlerle reaksiyona girerek ilk hidrokarbonları oluşturmuştur. İlkel atmosferde olduğu düşünülen metan gazı bir hidrokarbondur. Örnek kimyasal reaksiyon, $3FemCn + 4\ m\ H_20 = m\ Fe_30_4 + C_3nH_8m$ denkleminde, demir karbür için verilmiştir. Metan, volkanlardan gaz şeklinde püskürerek atmosfere yayılmıştır (Oparin, 1938).

Dünya soğudukça diğer bileşiklerin oluşma olasılığı arttı. Çekirdek, oluşan maddelerle kademe kademe sarıldı. Çekirdek daralıyordu ve dış katman katı bir kabuk yaratıyordu. Çatlaklardan yüzeye çıkan maddeler farklı bileşikler oluşmasına sebep olmuş olabilir. Atmosferde, günümüzde olduğu gibi üst katmanlarda ozon bulunmadığından ve daha alttaki oksijenin de aktif mor ötesi ışınlarını engelleme durumu olmadığından, bu ışınlar dünyadaki ilk organik bileşiklerin oluşumu reaksiyonlarında etkili olmuşlardır. Mor ötesi ışınlar bir amonyak, karbondioksit ve su karışımına etki ettiğinde çeşitli şekerler ve proteinlerin yapı taşı olan bazı maddelerin oluşmasına sebep olmaktadır (Woods ve Grant, 1995).

2.ORGANİK MADDELERİN KÖKENİ: İLK PROTEİNLER

Organik kimyada yaşanan gelişmeler, ilkel dünyadaki ilk maddelerin geçirmiş olduğu aşamalar ile ilgili bizlere fikir vermeye başladı. Ayrıca hücre içerisindeki organik madde dönüşümleri de süreçler konusunda aydınlatıcı olabilir.

Dünya yeterince soğuduğunda, atmosferdeki su buharı yoğunlaşarak ilkel kaynayan okyanusları oluşturdu. Dünyanın sıcaklığı sebebiyle bu okyanuslar, kaynamakta olan su vaziyetindeydi. 4 milyar yıl önce oluşan ve ''*prebiyotik çorba*'' olarak adlandırılan bu ilkel çorbada, hücredeki reaksiyonlara benzer reaksiyonlar sonucu yapılar oluşmaya başlamıştır. Hücrede gerçekleşen reaksiyonlar temelde su ve organik maddelerin etkileşimi ile ilgilidir. Su (H_2O) ve en basit organik maddeler, canlılardaki organik maddelerin sentezi için gereklidir. Bu reaksiyonlara örnek oluşturacak çalışmalar laboratuvarda gerçekleştirilmiştir ve Oparin bunlara atıflarda bulunmuştur (Oparin,1938).

Canlı hücrelerde görülen birçok madde hidrokarbonların sulu çözeltilerinin uzun zamana yayılan etkileşimleri sonucu oluşmuş olabilir. Bu reaksiyonlar ilkel çorbada çözünmüş hidrokarbonlarla da gerçekleşmiş olabilir. Hücrede önemli yeri olan bu maddeler karbonhidratlar, lipidler (suda erimeyen yağ türevi maddeler) ve proteinlerdir (Oparin 1957). Proteinlerin özel olarak yaşayan hücrede belirgin rol oynaması ve tüm bitki, hayvan ve mikroorganizma hücrelerinin temelini oluşturması, bu maddelere özel bir ilgi duyulmasına neden olmuştur. Bu sebeple, yaşamın kökeni araştırmalarında hep önemli bir yer edinmiştir. Proteinler, amino asit adı verilen yapı taşlarının birbirine bağlanması sonucu oluşur. Bu bağlanma, polimerizasyon adı verilen bir reaksiyondur ve ilkel çorbada gerçekleşmesi mümkündür. Nicel olarak belli sayıda birleşen yapıtaşının bir nitel sıçrama ile protein maddesinin yapısını oluşturması önemli bir aşamadır. Protein tek başına yaşayan bir madde değildir. Fakat hücrede yaşamsal faaliyetlerin hepsinde en üst seviyede etkilidir.

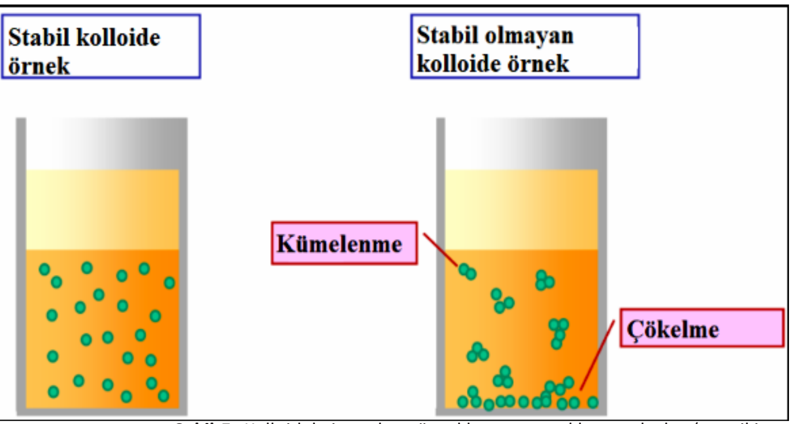
Protein benzeri yüksek moleküllü maddeler, sulu çözeltilerde askıda kalan maddeler anlamına gelen kolloidal yapılı çözeltileri oluşturur. Şekil-5'te stabil (soldaki) ve stabil olmayan (sağdaki) iki farklı kolloidal çözelti verilmiştir. Bu çözeltilerden sağdakinde kolloidlerin bir araya gelmesi anlamına gelen kümelenme ve çözeltinin dipte toplanması anlamına gelen çökelme gösterilmiştir. Kolloidal yapılar hidrofob (bir molekülün sudan kaçınma özelliği) ve hidrofil (bir molekülün hidrojen bağları ile suya bağlanabilme özelliği) olarak ikiye ayrılırlar. Bu özellikler suda asılı kalmış maddeler tarafından gösterilir.

Kolloidlerin, askıda bulunan maddesinin fazla olduğu fazı koaservat, diğer faz ise dengede sıvı olarak adlandırılıyor. Koaservat denilen yapıların oluşması canlılığın başlamasındaki en önemli aşamalardan birisidir.

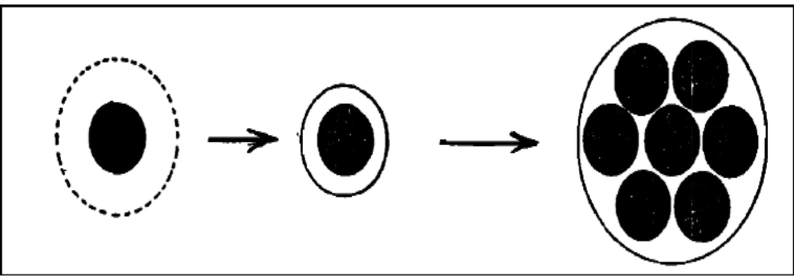
İlkel okyanusta oluşan organik maddeler koaservasyon[7] ile bir araya gelmiş olabilir. Bu bir araya gelişler

6 Karbür: Karbonun başka bir elementle birleşmesinden oluşan madde.

7 Koaservasyon: Kolloidal çözeltilerde askıdaki maddelerin bir araya gelerek oluşturduğu yapılaşma.



Şekil-5: Kolloidal sistemlere örnekler ve gerçekleşen olaylar (en.wikipedia.org)



Şekil-6: Partikül sisteminden koaservat oluşumunun gösterimi (Oparin, 1938).

ile organik madde konsantre bir hale gelmiş ve kompleks bir yapı kazanmıştır.

Organik maddeler zamanla, koaservat halde yarı sıvı bir kolloidal jel oluşturabilir. Şekil-6'da görülen koservatlar bazen sürekli bir katman bazen ise küçük damlalar formunda oluşabilir (Oparin, 1957). İlkin okyanusta derişimi artan organik maddeler damlacık şeklinde ortamdan bir sınır ile ayrılmış ve belli bir iç yapıya sahip koaservatlar oluşturmuş olabilir. Koaservatlar dış etkiler ve kendi iç fiziko-kimyasal organizasyonları sebebiyle bir doğal seçilim sürecine girmiş olabilirler. Bu süreçte koaservatların bazıları kısa sürede dış etkilerle dağılmış olabilir ya da bazıları varlığını uzun süre korumuş olabilir. Bunu anlamak için laboratuvar ortamında koaservat yapıları incelenmiştir. Koaservatlar karmaşık maddelerin olduğu çözeltilerde bulunduklarında, dışarıdan maddeleri absorbe ederek[8] yapılarını değiştirirler. Bu değişim stabiliteyi artırabilir ya da parçalanmaya sebep olabilir. Termodinamik açıdan sistemler açık, kapalı ve izole olarak üçe ayrılır. Dışarıdan madde ve enerji alışverişine izin verirken kendi iç dengesini koruyabilen sistemler açık sistemlerdir ve koaservat yapılar bu kategoride yer almaktadır. Yaşayan organizmalar da açık sistemlerdir. İçeri alınan maddeler termodinamikte tanımlanan açık sistem özelliklerini göstererek kimyasal reaksiyonlar gerçekleştirir. Bu reaksiyonlar çeşitli maddelerin oluşumu ve parçalanmasını içerir ve reaksiyonlarda bir dengenin sağlanabilmesi sistemin sabitliğini arttırabilir. Koaservatlarda da içeri alınan maddeler stabiliteyi arttırabilir ya da denge halini yakalayamadan parçalanmaya sebep olabilir. Denge sağlanmasında ve bunun sonucunda iç stabilitenin yükselmesinde; pH (asitlik derecesi), sıcaklık vb. birçok etki söz konusudur. Degradasyon ve absorpsiyonun dengesi incelenerek bu durum açıklanmaya çalışılır. Bazı koaservatlar ilkel okyanus koşullarına dayanamayarak dağılırken, bazıları yapılarını güçlendirerek gelişmeyi sürdürmüşlerdir. Bu, Darwin'in doğal seleksiyon teorisinin ilk moleküler yapılarda bir örneği sayılabilir (Oparin, 1957).

Hücrenin protoplazması da bir açık sistemdir ve içeride gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar bir denge halindedir. Bir reaksiyonun ürünü sonraki reaksiyonun hammaddesi olmakta, birçok organik madde sentezlenmekte ya da parçalanmaktadır. İlk karmaşık koaservatlar protoplazma ile çok sayıda benzerlik göstermektedir. Evrimi henüz tamamlanmamış olan basit sistem koaservatlar, canlı organizma özellikleri gösteremezler. Karmaşıklaşma ve daha düzenli bir yapıya geçme eğilimiyle yeni madde hareketlerine sahip olan sistemlere dönüşürler. Koaservatların içinde gerçekleşen tepkimelerin bir uyuma ulaşmasıyla koordinasyonu gelişen karmaşık koaservatlar oluşur. Ayrıca koaservatlar sadece proteinlerden değil, lipid gibi maddeleri içeren kolloidal yapılardan da oluşabilir (Oparin, 1957).

Koaservat sisteminin kararlılığının korunmasında, sistemden ayrılmasını sağlayan yüzeyinin de etkisi vardır. Bu yüzey, maddeleri seçici olarak absorblamaktadır. Koaservat sınırının yüzey gerilimi (bir sıvının yüzey katmanının esnek bir tabakayla benzer özellikler göstermesinden kaynaklanan etki) kararlılığına etki gösterir. Yüzey yapısının gelişmesi ve belirginleşmesi maddelerin çözünürlüğüne etki eden sıcaklık değişimleri ve çeşitli tuzların etkisiyle gerçekleşir. Sıcaklığın yavaş bir şekilde düşmesi ile çözünürlüğü düşen maddelerin oluşturduğu çözeltilerde, maddelerin birbirinden ayırımı daha net bir hal alır (Oparin, 1957). Tam bu noktada, dünyanın yavaş yavaş soğuduğu ve okyanuslardaki sıcaklığın düştüğü hatırlanmalıdır.

Laboratuvarlarda kolloidal sistemlerle ilgili yapılan çalışmalarda protein yapısı ve lipid yapısında olan maddelerin birlikte kolaylıkla koaservat oluşturduğu gözlenmiştir. Protein türevi bir madde ile lipid türevinin oluşturduğu koaservatın ilgi çekici bir yapısal oluşuma ve sınır zarına sahip olduğu gözlenmiştir. Karşı yüklü iyonların adsorplandığı kolloidal yapılarda iç yapısı karmaşık ve dış çeperinde iki katmanlı iyonların çevrelediği koaservatlar oluşur. Bu kompleks koaservatlar protoplazma ile benzerlik gösterir. Karmaşık koaservatların yapı oluşturma eğilimi ve çevrelerindeki, dengede oldukları sıvıdan seçici bir şekilde maddeleri absorblamaları protoplazmaya benzetilen özellikleridir. Kompleks koaservat ile ortam arasında ya da iki koaservat arasında, ortamda bulunan kolloidlerin düzenli bir kolloidal film oluşturması ile bir ara yüzey şekillenir. Bu tür filmler, özellikle protein-lipid koaservatlarda hızlıca oluşabilir. Elektriksel yükler ve kimyasal bileşime

8 Absorbe etmek: Bir maddenin bir başka madde tarafından emilmesi, içine çekilmesi.

bağlı olarak bu filmlerin yapısı ve geçirgenlik özellikleri değişebilir. Koaservat tarafından farklı maddelerin absorplanması bu süreçte etkilidir. Seçici bir şekilde maddelerin içeri alındığı düşünülmektedir ve bu özellik koaservat sistem olarak düşünülen hücre protoplazmasının aynısıdır. Bir çok araştırmacı, koaservatların çevreleriyle madde alışverişini canlı hücrenin madde alışverişi teorisini oluştururken kullanmaya çalışmıştır. Kendisinin belirli bir yapısı olan her koaservat damla daha önce gelişigüzel okyanusta hareket eden maddelere belli bir yapı ve kimyasal ilişkiler kazandırmıştır (Oparin, 1957). Zamanla koaservatlar, daha karmaşık tepkimelerin olduğu daha düzenli, aynı zamanda kolloidal bir yapı olan protoplazmayı oluşturmuş olabilirler. Absorbe edilen maddeler koaservattaki maddeler ile reaksiyona girerek bileşim ve yapısını değiştirebilir. Bu şekilde bir ilerleme sonucu, ilkel hücrelerin oluştuğu düşünülmektedir (Oparin, 1938).

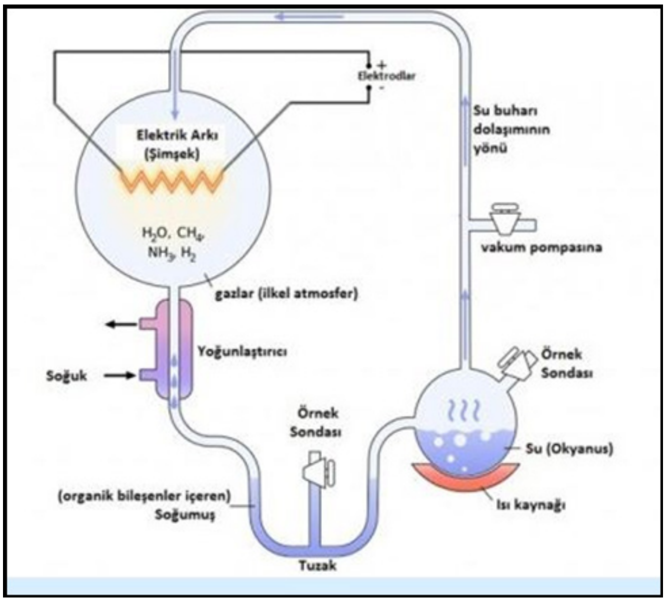
Kritik nokta olarak, enzim kimyası alanındaki ilerlemeler sonucunda, canlı yapılardaki reaksiyonların çok hızlı gerçekleşmesinin sebebinin enzim yapıları olduğu gözlenmiştir. Aynı zamanda canlı yapılarda gerçekleşen reaksiyonlar daha yavaş bir şekilde laboratuvar ortamında da gerçekleştirilebilmektedir. Buradaki fark, reaksiyonları hızlandırırken bir değişime uğramadan çıkabilen enzimlerdir (Oparin, 1938). Enzimlerin çalışma hızını ise hücrenin protoplazma yapısı etkilemektedir. Burada diyalektik bir ilişkiden söz edilebilir.

Oparin'in ikinci kitabının yayımlandığı 1957 yılından önce, J. D. Watson ve F. H. C. Crick tarafından DNA'nın çift sarmallı yapıda olduğu önerilmişti (Watson ve Crick, 1953). Oparin canlı hücrenin meydana geliş sürecini anlattığı yayınlarının her yeni basımında, güncel veriler ile birlikte diyalektik materyalist yöntemi elden bırakmamıştır. Watson-Crick modelinin önerildiği dönemde, proteinlerin nükleik asitler (RNA ve DNA) olmadan sentezlenemeyeceğini savunan görüşlerin karşısında, nükleik asitlerin proteinlerin oluşumunu sağlayan karmaşık donanımın bir parçası olduğunu ve bu donanım olmadan nükleik asitlerin proteinleri sentezleyemeyeceğini açıklayarak konuyu ayakları üzerine oturtmuştur. Dolayısıyla, günümüz çalışmalarının da odaklanmayı sevdiği gibi önce proteinler mi yoksa nükleik asitler mi geldi tartışmasının problemi çözümsüz kıldığını belirtmiştir. O zamanlardan günümüze bilindiği gibi, proteinler sadece nükleik asitleri içeren sistemlerden meydana gelebilirken, nükleik asitler de sadece protein içeren sistemlerde meydana gelebilirler. Mühim olan, canlı hücre olarak bildiğimiz kompleks yapının meydana geliş öyküsünü, bu sistemin kurulmasının önünü açan maddenin hareket yasalarıyla ele almaktır (Oparin, 1957).

3. MILLER-UREY DENEYİ

Proteinlerin oluşumuna dair bu denli ayrıntılı olan teorinin deneyi, Stanley Miller ve Harold Urey tarafından 1952 yılında Amerika'da Chicago Üniversitesi'nde yapıldı (Miller, 1953). Deney, Oparin'in teorik biyokimya temelli açıklamaları sonrasında başlayan tartışmalara bir temel oluşturmuştur. Bu deneyle arşatırmacılar, canlılığın ilk evrimini mümkün kılabilecek moleküllerin, inorganik moleküllerden dünyamızın o zamanki doğal koşulları altında nasıl oluşabileceğini göstermeyi hedeflemişlerdir (Şenel, 2009).

Atmosfer koşullarının simülasyonunun gerçekleştirildiği Şekil-7'deki deneyde, bir hafta gibi kısa bir sürede organik maddeler elde edilebilmiştir (Miller, 1953).



Şekil-7:. Miller-Urey deney düzeneği (Bakırcı, 2011b)

Deneyde buharlaşma, yoğunlaşma, şimşekler ve yıldırımlar taklit edilir. Ortamda başlangıçta su, metan, amonyak ve hidrojen bulunmaktadır.

- Sağ taraftaki küresel tüpte bulunan gazlar, öncelikle kondansörden geçirilerek yoğunlaştırılır.
- Daha sona "trap" olarak isimlendirilen mekanik bir bölmeden geçirilerek basıncı artırılan bu sıvılar, ısıtıcıdan geçirilerek tekrar buharlaştırılırlar.

Bir hafta süren bu döngü sonucunda, deney düzeneğindeki karışım pembe bir renk almaya başlar. Metan gazı içerisindeki karbonun %18 kadarlık bir miktarı organik molekülleri oluşturmuştur. Bu organik maddelerin glisin aminositi ve bazı şekerleri içerdiği tespit edilmiştir. Gazlar, enerjinin verdiği etki ile reaksiyona girmiş ve formik asit, asetik asit, propiyonik asit, glisin, alanin, aspartik asit, glutamik asit (bu son dört tanesi aminoasittir) oluşmuştur (Bakırcı, 2011b; Gürel, 1999). Miller-Urey, RNA ve DNA nükleik asitlerinin yapıtaşları olan nükleotidleri de elde etme hedefindeydi fakat bu gerçekleşmedi. 2008 yılında aynı düzenek ile tekrarlanan deneyde 22 çeşit amino asit üretilebilmiştir (Johnson ve ark., 2008).

Deneyde birçok kimyasal tepkime gerçekleşmiştir. Ba-

samaklar halinde ardı ardına gerçekleşen tepkimelerin işleyişi, bir önceki tepkimenin ürünlerinin bir sonraki basamaktaki tepkimelere girmesi şeklinde olmuş ve daha karmaşık ürünler oluşmasını sağlamıştır. Miller-Urey Deneyi, canlılarda cansız olarak tanımlanan dünyaya göre az bulunan inorganik maddelerin, canlılarda yüksek miktarda bulunan organik moleküllere ilkel dünya koşullarında nasıl dönüşebileceğinin keşfidir.



Fotoğraf-1: Miller-Urey'in deney düzeneği ve öğrencileri Jeffrey Bada (Bakırcı, 2011b)

Orijinal resmi (Fotoğraf-1) aşağıda yer alan deney düzeneği, günümüzde San Diego California Üniversitesi'nde, Miller ve Urey'in eski öğrencilerinden Jeffrey Bada'nın kontrolünde bulunmaktadır. Ayrıca deney düzeneği Denver Doğa ve Bilim Müzesi'nde sergilenmektedir. Bada da, bu deneyi tekrarlayarak sonuçlarını yayımlamıştır (Johnson ve ark., 2008).

Miller-Urey deneyi çeşitli aralıklarla tekrar denenmiş ve daha çeşitli aminoasitler elde edilmiştir (Johson ve ark., 2008; Şenel, 2009). Ayrıca deneye yönelik eleştirilere karşı yapılan çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmalar, güncel çalışmaların tartışıldığı bir başka yazıda ele alınacaktır.

SONUÇ

Yaşamın kökeni sorusunun doğurduğu teorilerin ve araştırmaların hepsinin tek bir yazıda ele alınmasının oldukça güç olduğu düşünülerek bir yazı dizisi şeklinde sunulan bu konunun bizim açımızdan ideolojik bir savaş alanı olduğu unutulmamalıdır. Oparin'in bütünlüklü cevabı da, bu savaşım neticesinde çıkmıştır. Oparin'den yıllar önce konuya dair fikirlerini Doğanın Diyalektiği kitabında anlatan Engels ise "*Yaşam protein yapılarının bir formunun varlığıdır*" ve "*Nerede yaşam var ise orada proteinler vardır.*" diyerek bu alandaki mücadeleye katkı sunmuştur (Engels, 1975). Teorinin bütünlüklü yapısı, el verdiğince aynı ölçüde aktarılmaya çalışılmıştır. Yaşamın kökenine dair, organizmalarda bir yaşam enerjisi aramak yerine, onların işleyişi ve maddesel süreçlerdeki değişimlerin incelenmesi esas olmalıdır. Bu bakımdan canlı ve cansız olarak tanımlanan süreçlerde aynı maddesel hareketlerin yer aldığının göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Oparin'in yaşamın kökenine dair, daha sonra deneysel olarak da desteklenen teorisi, günümüzde bilim çevrelerinde bir ölçüde netleşmiş görünmektedir. Fakat teorinin ortaya atıldığı zaman dilimi ile günümüzdeki teknolojik gelişme arasındaki fark, elbette ki geliştirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu konuda oldukça fazla araştırma ve makale bulunmaktadır. Türkiye'den ve dünyadan konuyla ilgili araştırmaların incelenmesi üçüncü yazımızın konusu olacaktır.

KAYNAKLAR

Abdelmohsen, L.K.E.A., Peng, F., Yu, Y., Wilson, D.A. (2014). Micro- and nano-motors for biomedical applications. *Royal Society of Chemistry, 2*, 2395. DOI: 10.1039/c3tb21451f.

Bakırcı, Ç. M. (2011a). *Abiyogenez - 1: Kimyasal Evrim, Canlılık ve Cansızlık Tanımları.* Erişim tarihi: 20.04.2019 https://evrimagaci.org/abiyogenez-1-kimyasal-evrim-canlilik-ve-cansizlik-tanimlari-33.

Bakırcı, Ç. M. (2011b). *Abiyogenez - 14: Miller-Urey deneyi nedir, ne değildir?* Erişim tarihi: 08.04.2019 https://evrimagaci.org/abiyogenez-14-millerurey-deneyi-nedir-ne-degildir-85

Engels, F. (1975). *Doğanın diyalektiği.* (A.Gelen, Çev.) Ankara: Sol Yayınları.

Gül, G. (2018). Yaşamın Başlangıcı ve Oparin. *Madde, Diyalektik ve Toplum Dergisi, 1*, 323-328.

Gürel, O. (1999). *Yaşamın kökeni.* İstanbul: Pan Yayıncılık.

Johnson, A.P., Cleaves, H.J., Dworkin, J.P., Glavin, D.P., Lazcano, A., Bada, J.L. (2008). The miller volcanic spark discharge experiment. *Science*, 322,404. DOI: 10.1126/science.1161527

Koçak, K. (t.y.) *Atmosferin kısa tarihi.* Erişim tarihi:10.01.2019 https://web.itu.edu.tr/~kkocak/koken.pdf

Mahsereci, N. (2011). Yaşamın Yeryüzündeki ''dirençli'' tarihi. *Bilim ve Gelecek, 85.* Erişim tarihi: 24.04.2019 https://bilimvegelecek.com.tr/index.php/2011/03/01/yasamin-yeryuzundeki-direncli-tarihi/

Miller, S. L. (1953). A production of amino acids under possible primitive earth conditions. *American Association for the Advancement of Science ,117*, 528-529.

Oparin, A.I. (1924). *The origin of life* (A. Synge, Çev.) Moskova: Moskovskiy Rabochiy Publishing House.

Oparin, A.I. (1938). *The origin of life.* (S.Morgulis, Çev.) New York: The Macmillan Company.

Oparin, A.I. (1957). *The origin of life on the earth.* (A.Synge, Çev.) New York: Academic Press Inc. Publishers.

Pigliucci, M. (2014). Nereden geliyoruz? Yaşamın kökeni sorunu. (O. Altun, Çev.) *Bilim ve Gelecek, 119.* Erişim tarihi: 08.04.2019 https://bilimvegelecek.com.tr/index.php/2014/01/01/nereden-geliyoruz-yasamin-kokeni-sorunu/

Pross, A. (2015). *Yaşam nedir?* (R. Gürdilek, Çev.) İstanbul: Metis Yayınları.

Ricardo, A., Szostak, J.W. (2009). Origin of life on earth. *Scientific American, 301*, 54-61.

Şenel, A. (2009). Organik evrim-kültürel evrim ekseni çevresinde Varo-

luşçuluk-Yaratılışçılık tartışması. *Bilim ve Gelecek, 65* . Erişim tarihi: 24.04.2019 https://bilimvegelecek.com.tr/index.php/2009/07/01/organik-evrim-kulturel-evrim-ekseni-cevresinde-varolusculuk-yaratilis-cilik-tartismasi/

Türeli, N.G., Türeli, A.E, Schneider, M. (2014). Inhalable Antibiotic Nanoformulations for the Treatment of Pseudomonas Aeruginosa Infection in Cystic Fibrosis – A Review. *Current Drug Delivery, 4,* 193-207.

Watson, J.D., Crick, F.H.C. (1953). A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature 3*(171), 737-738.

Woods, A., Grant, T. (1995). *Aklın isyanı, Modern felsefe ve modern bilim.*(U. Demirsoy, Ö. Gemici, Çev.) İstanbul: Yordam Kitap.